

義 講 學 樹 測

東 北 林 學 院

1954年7月

測樹學

緒言	-----	1
第一篇 測樹工具與製圖	-----	1
第一章 測樹單位及測器	-----	1
第一節 測樹單位	-----	1
第二節 測器	-----	1~16
第二章 測樹學永續法概說	-----	17
第一節 樹幹形狀	-----	17~24
第二節 數學永續法	-----	24~35
第三節 物理的永續法	-----	35~37
第三章 測定誤差	-----	38
第一節 長度的測定誤差	-----	38~39
第二節 直徑測定誤差	-----	39~42
第三節 直徑圓周和長度的測定誤差對材積的影響	-----	42~46
第二篇 採伐木的材積測定	-----	
第一章 採伐木的種類	-----	
第一節 原木規格	-----	47~49
第二節 原條規格	-----	49~50
第三節 製材規格	-----	51~53
第四節 薪材規格	-----	53~54

第二章 原木求積法

第一節	圓錐體積表	55~56
第二節	原木材積表	56~61

第三章 製材及薪炭材積測定法

第一節	製材材積之測定	61~65
第二節	薪炭材材積測定法	65~66
第三節	樹皮材積測定法	66~69

第三篇 立木材積測定法

第一章 形數

第一節	形數的概念	71~75
第二節	形數的變化規律和形狀係數的關係	75~78
第三節	形數在理論和實踐上的意義	78~82

第二章 望高法

第一節	望高法求立木材積的公式	82~83
第二節	公式的推導	83~85
第三節	望高法的應用	85~86

第三章 立木材積表

第一節	立木材積表的意義及應用	86~87
第二節	立木材積表的製法	87~90
第三節	樹幹剖面	87~91

第四章 枝條及根株材積測定

第一節	枝條材積的測定	91~92
第二節	根株材積測定	92

第四編 林分(林木)材積查定法

第一章 林分材積測定特徵和方法的分類

第 一 節	林分材積測定的特徵-----	93~94
第 二 節	林分材積測定的分類-----	94~95

第二章 實測標準木法

第 一 節	方法的根據-----	95~96
第 二 節	每木調查-----	96~100
第 三 節	標準木的計算-----	100~105
第 四 節	各種方法概要-----	105~113

第三章 標準地實測法

第 一 節	標準地具備的條件-----	114~115
第 二 節	標準地的形狀和大小-----	115
第 三 節	方格調查法中的標準地-----	115~119

第五編 生長量查定法

第一章 年齡查定法

第 一 節	單木年齡查定法-----	118~120
第 二 節	林分查定法-----	120~124

第二章 單木生長量查定法

第 一 節	生長的概念-----	124~129
第 二 節	伐倒木生長量查定法-----	129~133
第 三 節	樹幹解析-----	133~152

第三章

生長率查定法

第一節

生長率公式及其應用

152~158

第二節

立木生長率

158~166

第四章

林分生長量的查定

166~169

第五章

收穫表(或林生長過程表)

第一節

收穫表的意義及內容

169~171

第二節

收穫表的編製法概要

171~175

第三節

收穫表的應用

175~176

第一章 測樹單位及測器

第一節 測樹單位

計算森林蓄積多少，立木，按成木的材積多少以及生長量多少，必用一單位表示其數量，然後才能計算。測樹學上所用的單位種類頗多，因國習慣不同，對同一對象所表示的單位也不一致，過去我國也是如此。因而影響了物資交流，因交流中必進行折算亦甚麻煩，故於1953年中央林業部規定全國統一用國際單位，除過去的各種不同單位，以便於物資交流，保證國家經濟建設。

測定林木的直徑或圓周的单位用厘米(CM)，測定樹高或材長用公尺(M)測定面積用平方公尺(M^2)重量用公斤(KG)面積用公頃(ha)或公畝(a)及均，測定林木材積用立方公尺(M^3)但材積單位分兩種：(1)實積——指木材實際的體積而言，長寬高各一公尺的容積稱為一實積立方公尺(M^3)測定原木，林木和其他用材等用本單位。(2)層積：一是指木材堆積而有空隙的容積而言，長寬高各一公尺稱為一層積立方公尺，就容積而言實積和層積單位是相同的，但層積單位因含有空隙，所以其實際材積比較小。圖1表示層積和實積單位的，今把上述單位歸納之如表一：

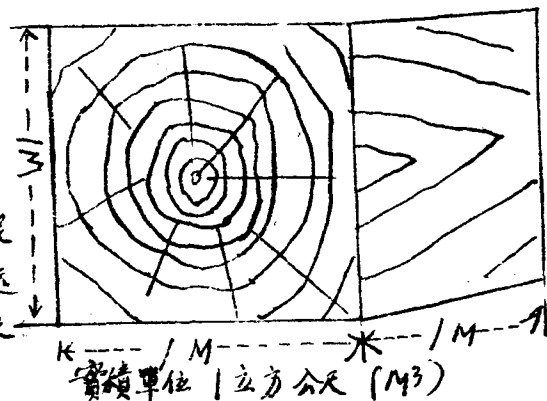
第二節 測器

測器就是在測樹實踐中為了測定木材的材積，年令，生長量等長用的工具，其中測定原木的長度常用卷尺或測竿這些在測量學中已經介紹過了因之於本節內省略之。

第一測徑工具：

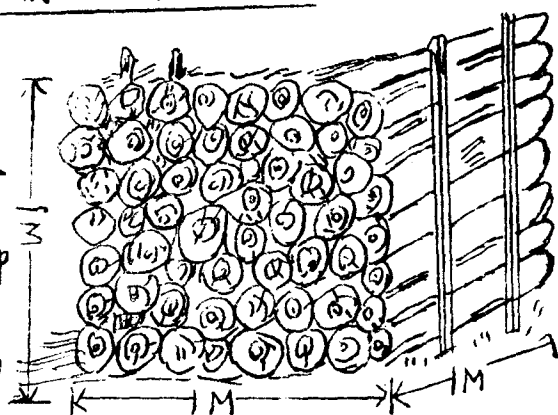
1. 輪尺：

輪尺為測定樹木直徑的主要工具，其構造通常用刻面以10M為



單位的尺桿和遊動脚
與固定脚二者所構成的，遊動
脚和固定脚經常保持平行且和尺
桿垂直，又為了使遊動脚保持垂
直易於在尺桿上滑走，在遊動脚
內裝有滑車和彈簧。

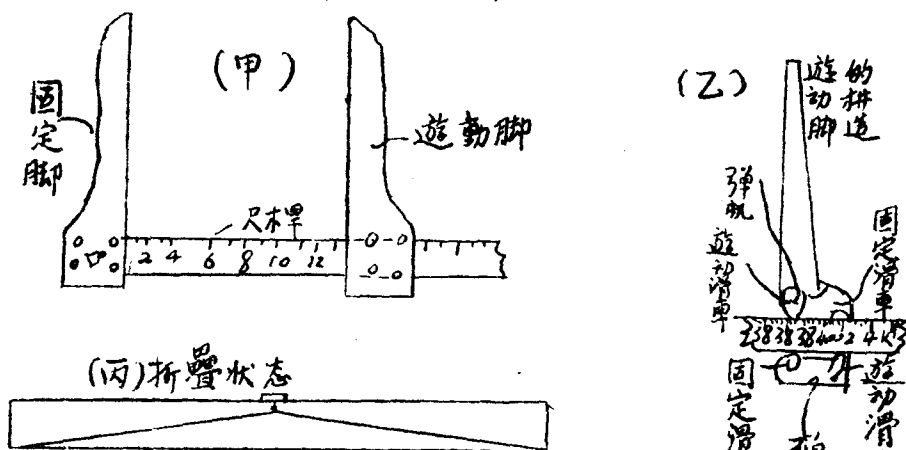
此外當不用輪尺時，為
了便於攜帶和保管，更具有二
脚能折疊於尺桿上的裝置。



層積單位 1 立方公尺 (M^3)

種類	直徑 圓周	樹高 樹長	斷面 積	材積		重量	面積
				實積	層積		
單位	厘米 (cm)	公尺 (m)	平方公 (m^2)	立方公尺 (m^3)	立方公 (m^3)	公斤 (kg)	均公頃(ha) 陌 (a)

輪尺的種類甚多，我國通常使用的如第二圖所示，長第二圖。



為 1M 和 50CM，於遊動脚內嵌有滑車裝置，
(參看圖)。蘇聯林業部標準型輪尺如圖三，遊動脚雖設有滑車裝置，卻設
有三棱形金屬螺旋，用螺旋的運動來調整遊動脚永久垂直於尺桿上而正確
地測定直徑。

其他間有多種如自記輪尺，亞里奧非基 (Григорьев) 壓輪尺，
安得列夫 (Андреев) 壓輪尺等，請參照 II, H。

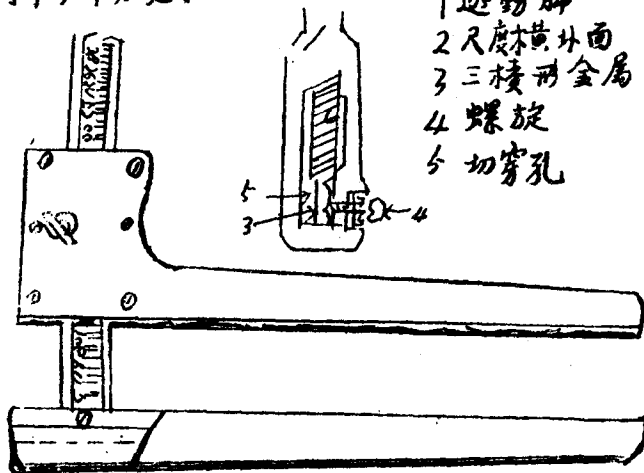
謝爾哥夫 (П. Н. Сергеев) 著測樹學, 和 Н. П. 阿努琴 (Н. П. Анучин) 著測樹學。

以下再介紹輪尺的性質及使用上的注意事項：

1. 輪尺的性質：

輪尺為測徑器中最重要之工具，必須具有下記之性質：

1. 構造簡單攜帶方便。



蘇聯林葉部標準型輪尺

2. 製造輪尺所用之材料須輕且要堅固耐用。

3. 輪尺用的材料不得因溫度、濕度等的變化，而發生伸縮或老化現象。

4. 固定腳，游動腳兩者必須保持平行且和尺度垂直。

5. 游動腳在尺度上要能容易自由的運動滑走。

6. 尺上的刻度要特別清楚易讀。

7. 固定腳和游動腳的長度必須為尺度長的 $\frac{1}{2}$ 以上。假如二腳若為尺度長的 $\frac{1}{2}$ 以下時如圖四甲所示，測定的直徑並不是真正的直徑，唯有兩腳長為尺度的 $\frac{1}{2}$ 以上時（如圖四乙所示）測定的直徑才為真正的直徑。輪尺如果必須具備上記性質則製作輪尺時最好要用堅硬木材，東北多用柞木，核桃楸，黃環羅製作，此外，輕合金亦可用。

2. 輪尺使用法及使用上的注意事項：

(1) 游動腳固定腳要保持和尺度垂直：

(2) 兩腳和尺度三者必須和樹幹相接觸然後讀直徑的大小。否則僅兩腳和樹幹相接觸而尺度與樹幹尚有一定距離，則可讀的直徑並不是真正直徑，非大即可。並且讀了直徑後必等記憶以後，才能測他樹木，否則易發生誤記的現象。

(3) 兩腳和尺度所作的平面必須和樹幹垂直。

(4) 樹幹上如果附有苔蘚或寄生植物，除去後再測定之，在幹上如遇有節瘤隆起之處，應避去之或測其上下等處之二徑平均之。

(5) 樹幹如為橢圓形或不正形時應測其最大最小或與最大成直角的二徑平均之。

(6) 樹幹於下部如分兩幹者，當做二株計算之。

(7) 於一定部位正確測定之。

Ⅱ. 直徑捲尺：

直徑捲尺為測定樹木的直徑和因間可利用的工具，卷尺的構造在外形上和普通卷尺相同。僅布尺的刷上不同，即一面刻有普通以CM為單位的尺度，為測樹木圓周用，另一面與圓周長相應印有直的尺度，故圓周 $=\pi$ ，直徑 $=d$ ：

因為 $\pi = \pi d$ ，所以 $d = \frac{\pi}{\pi} = 0.3183 \pi$ ，如果 $\pi = 50$

CM則 $d = 0.3183 \times 50 \text{ CM} = 15.915 \text{ CM}$ ，於是在測圓周的尺度上為50CM於其另一面相同處印有15.915 CM表示其直徑。

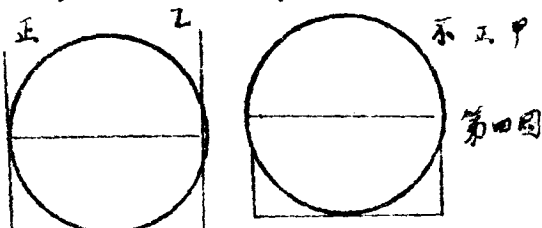
此外為了便於使用卷尺的先端附有鉤狀小釘，使用時將鉤狀針釘於樹幹，繞幹一週，但必須和樹幹成直角讀其數字即得圓周和直徑的大小。

Ⅲ. 檢徑尺和折尺：

檢徑尺和折尺多用於測定原木直徑或製材的厚度用，通常長度為1M，其上刻有CM的單位。但折尺可以折疊便於攜帶。

1. 檢徑尺 (Мерная скоба).

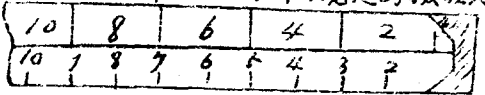
我國中央林業部規定的檢徑尺長為1M寬為2CM的竹尺，兩端包有金屬銑片，尺面中副刻有一橫線，上方刻有2CM單位的尺度；



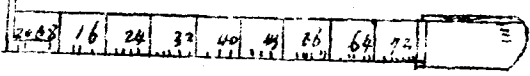
下方刻有 1 CM 單位之尺度，苏联通常用鋼檢徑尺而金屬或木製的尺度，先端有一金屬鉤另外一端有木柄，便於使用，如第五圖所示：

圖五

甲、裁口中央林叶部規定的檢徑尺



乙 苏联常用的檢徑尺：



2. 折尺：(СКЛАДНОЯ, МЕТР)

折尺多用於測定製材的厚度和寬度，構造樣式和普通相同，不另介紹。

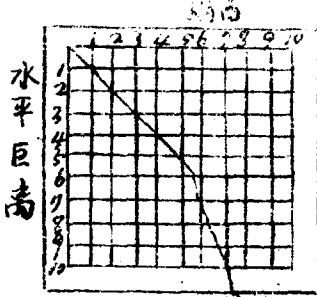
第二測高器：

標木的長度可以用卷尺直接測得，但立木的高度則不可能，欲求得其高度則必賴測高器，而測高器按其製作原理分二種，一為幾何學測高器，一為三角學的測高器。以下分別介紹。

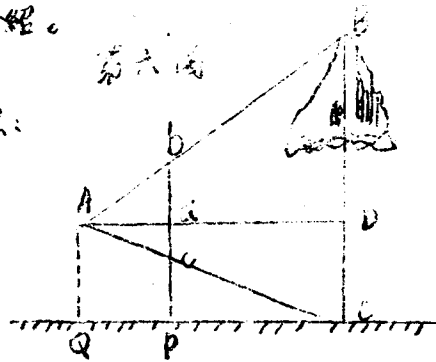
1. 幾何學的測高器：

一、幾何學的測高法原理：

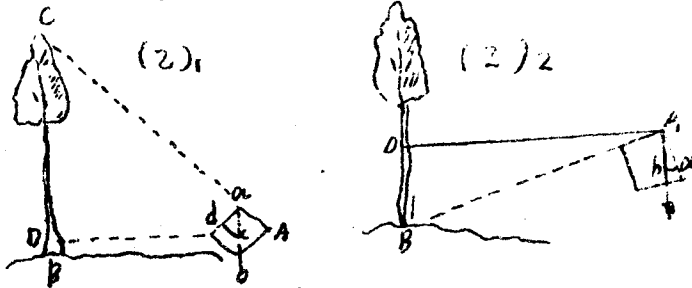
(1) 方形板的構造



第六圖



(2) 方形板的使用法。



第七圖

如圖所示 BC = 樹高, AD = 測點 A 至樹的水平距離, 依卷尺測定, bp 為一測竿, bc 為由 A 遠視樹梢 B 和根部 C = 直線與測竿相交之線段:

則 $\triangle abd \sim \triangle ABD$. $Ad:bd = AD:BD$

$$BD = bd \frac{AD}{Ad}$$

$\triangle adc \sim \triangle ADC$. $Ad:dc = AD:DC$

$$DC = \frac{AD}{Ad} dc$$

$$\text{而樹高 } H = BC = BD + DC = (bd + dc) \frac{AD}{Ad}$$

式中 $bd + dc = bc$ 為前述由 A 點遠視樹梢 B 和根部 C = 直線通過測竿所切的線段長, 可以於測竿上讀出, Ad 為自測點 A 至樹的水平距離, AD 為實測如此用三已知數按前式即可算出樹高, 像依本法所得的樹高, 其理論根據為幾何學上相似三角形, 因此利用此種原理所製的測高器稱為幾何學的測高器。

二 各種幾何學的測高器:

1. 方形板測高器:

方形板測高器為木製的長為 15 ~ 20 CM 的正方形板厚為 1 CM。在板面上刻有縱橫每隔 0.5 ~ 1 CM 的直交線, 由線的一角號碼記入 1, 2, 3, ... 數字 (參看第七圖甲) 使用時為了保持板面垂直附有錘球。使用方法如下:

如第七圖乙, AD 為水平距離, 今假定由卷尺測得為 8 M, 於 A 點持方形板且保持垂直, 沿 Aa 邊視樹梢 C , 待錘球靜止時則錘線和板上水平距離 8 M 線必相交於 C , 從此以 C 點作垂線交於樹高尺, 讀其刻度即為樹高。因為在圖乙, 中, $\triangle abc \sim \triangle ADC$,

$$\therefore \frac{ad}{cd} = \frac{AD}{CD} \text{ 即 } CD = \frac{AD}{ad} \cdot cd$$

式中 AD 為水平距離 8 M, ad 板上距離 8 M, (實際上 $Ap = nad$) 故 $\frac{AD}{ad} = 1$ (或 100 但板的線長為 1 CM) 故 $cd = CD$ (或 $CD = 100 cd = mcd$)

其次於第七圖乙中 $AD = 8$ M, 沿 A 長板邊視樹根 B 待錘線靜止時同樣的可讀出 DB 長, $DB + DC = CB$ 即為樹高。因為:

$$\triangle Abd \sim \triangle ABD: \frac{Ad}{bd} = \frac{AD}{BD}$$

$$\text{即 } BD = \frac{AD}{Ad} \cdot bd.$$

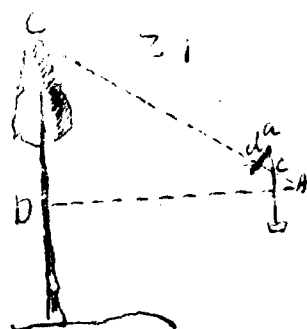
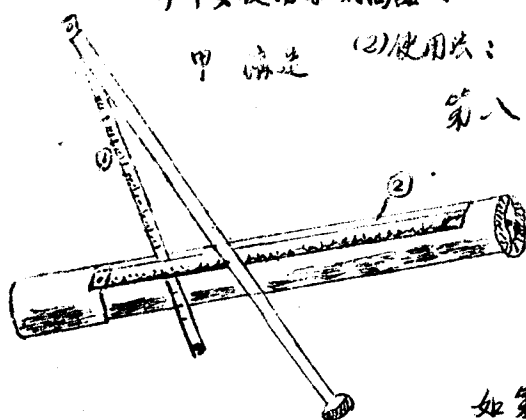
如前者同理 $AD = Ad = n \cdot ad$, 故 $BD = bd = n \cdot bd$.

2. 圓筒測高器 (華基 Wesek 測高器).

(1) 構造: 圓筒測高器如第八圖所示係一直徑 2.50 cm, 長 22 cm 的圓筒, 圓筒一端有透視孔, 另一端有叉線。在筒外附有約 15~16 cm 長的帶錐齒狀銅片, 其上刻有樹高尺度, 另外在此銅片上有一距離小孔, 通過此孔可插入巨高尺度, 經常在此孔保持垂直, 巨高尺上附有帶錐球的三棱形銅牌。

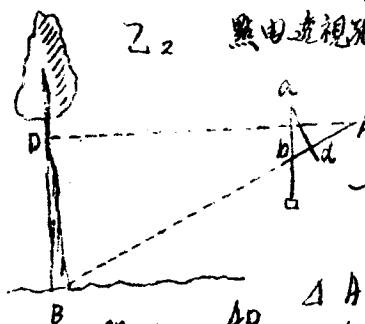
本測高器輕便容易攜帶使用簡單, 目前我國各林區在測樹工作中多使用本測高器:

甲 構造 (2) 使用法:
第八圖



① 水平尺
② 樹高尺

如第八圖乙₁, 先選一能望到樹梢點 A, 再用卷尺測出由 A 至樹的水平距離 AD, 如為 20 m, 則將測器的水平尺對至 20 m 處然後於 A 點由透視孔通過叉線交點望樹梢, 使帶有錐球的三棱形沿樹高尺垂直停上, 時必卡入樹高尺的齒內, 輕令舒下讀其刻度即得樹高的一部分。同為:



在圖八乙₁中.

$$\triangle ACD \sim \triangle aCd, \text{ 則 } AD:CD = ad:cd.$$

$$\text{即 } CD = \frac{AD}{ad} \cdot cd. \text{ 其中 } AD = ad = n \cdot ad,$$

$$CD = CD = n \cdot cd.$$

在乙₂中.

$$\triangle ABD \sim \triangle abd \quad AD:BD = ad:bd$$

$$BD = \frac{AD}{ad} \cdot bd, \text{ 其中 } AD = ad \quad BD = bd.$$

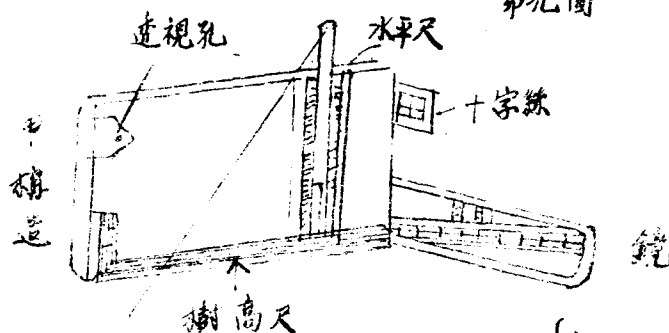
$$\text{由此樹高 } H = CD + BD = cd + bd.$$

但如在平地測樹高時，可只測由眼至樹梢高，或後再加測省的眼高即得樹高。

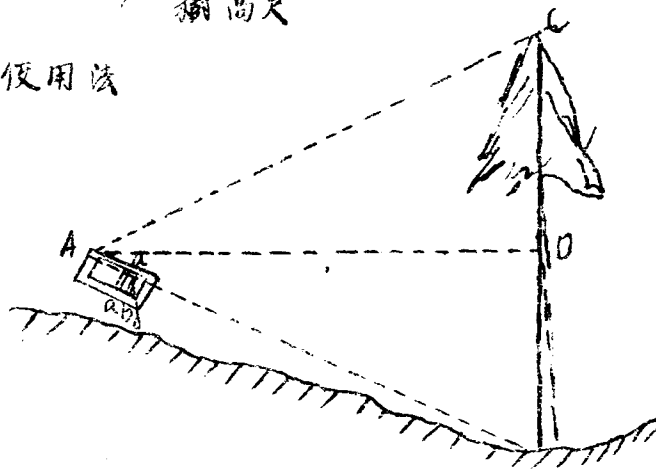
3. 法司脫慢 (Faustmann) 式測高器。

(苏联名 *Зеркальный. Высотомер* 小鏡測高器)。

第九圖



乙. 使用法

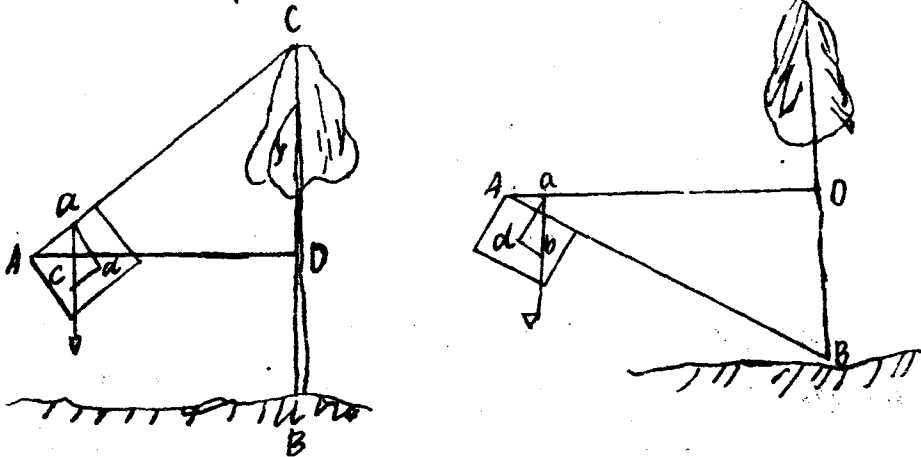


(1) 構造：如第九圖所示為一長 185 cm，寬 8 cm

的矩形板，一方有連視孔他方有十字絲且能折疊的裝置，板的中部刻有水平高度尺，下部刻有樹高尺度，並且還附有一個鏡子以便反射樹梢高度。

(2) 使用法：如前者同樣先測之數至樹的水平距離取於水平尺上，但水平距離若在 21m 以下用第五尺將距離取於左側的相當數字中，若在 21m 以上把工尺向下五尺向上讀其數字。然後再如前者同樣的遠視樹梢和樹根，兩者相加即得所求的立木之高度。

理由如下：



$$\begin{aligned} \triangle ABC &\sim \triangle acd, \quad AB:CD = ad:cd \\ CD &= \frac{AD}{ad} cd, \quad AD = ad \text{ 則 } CD = cd. \\ \text{又 } \triangle ABD &\sim \triangle abd, \quad AB:BD = ad:bd. \\ BD &= \frac{AD}{ad} bd \quad \text{即 } BD = bd. \end{aligned}$$

$$\text{樹高 } H = BD + CD = bd + cd.$$

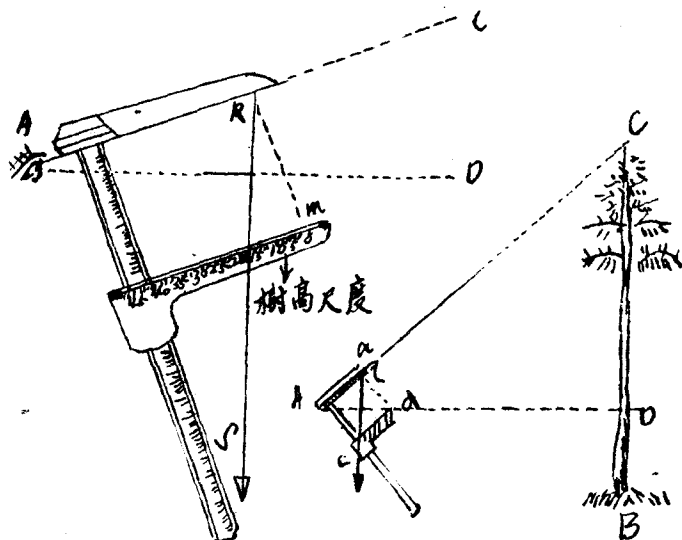
本器輕便容易攜帶，且附有鏡可以遠視樹梢及根部之同時讀得樹高，能避免像用簡器測高器向下來者時發生誤差，且工作迅速，但測高同時左眼看樹高右眼看鏡非熟練者亦發生錯誤又重線和球在實際工作中容易丟失宜特別注意。

苏联林業者，在測樹高時常用本測高器：

4. 用輪尺測高法：

應用測徑的輪尺測高，但需要在遊動腳上刻有樹高尺度，且在其 0 相對應的固定腳上附有鐘球和鐘線。

使用法：先把水平距離讀於直徑尺度上沿固定尺看樹梢時，



第十圖

讀由直線RS和遊動尺相交的樹高尺度數字即得樹高CD部分，
同樣再看樹根B點得DB部分，作二者之和得樹高 $H = CD + BD$ ，理由如下：

$$\triangle HCD \sim \triangle acd$$

$$DC:AD = dc:ad.$$

$$DC = \frac{AD}{ad} dc, \text{ 而 } AD = ad$$

$$\therefore DC = dc.$$

$$\text{同於 } BD = bd \text{ 即 } H = DC + BD = dc + bd.$$

5. 克利斯登 (Christen) 測高器。

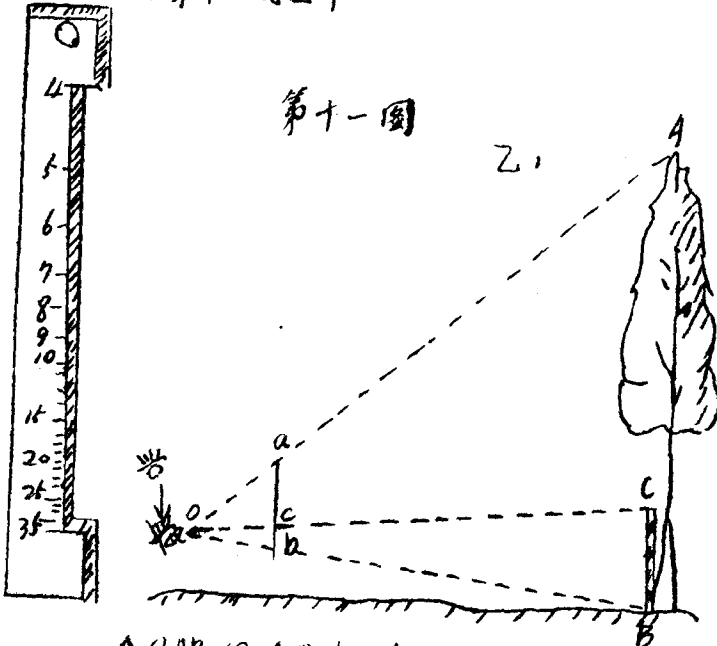
蘇聯名 (Sezdažnich, Dikomomel).

1) 構造：度為一長20~30CM，寬2~3CM的全屬製的鉤狀尺，
尺度按下列原理刻出的。中央標尺部於1950年委託大地農業機械廠製了
本測高器，係由鉛製成，全長35CM，刻度長為30CM，厚為2MM，寬為2CM。

2. 使用法及刻度原理。

將定長的測竿立於樹下，測者立於距測竿相當的距離處，左手二指輕夾測尺上方孔穴，使樹梢和根即恰裝入尺的內鉤內，如不可能前後移動達此目的，然後保持此狀態用眼望測竿梢端，此時測竿頂尖C和視點O所連的直線通過測尺一點C，該尺上C點的刻度即為樹高。

其刻度原理如下：
在第十一圖乙中



$$\triangle OAB \sim \triangle Oab, \therefore ab:AB = ob:OB \dots\dots (1)$$

$$\text{又 } \triangle Ocb \sim \triangle OCB, \therefore cb:CB = ob:OB \dots\dots (2)$$

$$\text{由 (1)(2) 得 } ab:AB = cb:CB \text{ 又 } CB = l.$$

$$\therefore cb = \frac{CB}{AB} \cdot ab = \frac{l \cdot ab}{AB} \dots\dots (3)$$

像在三(3)式中 CB 為定長測竿的長度為已知， ab 為尺度長一定數，因此 cb 依樹高 AB 變化而異。所以把不同之樹高 AB 代入本式則得各種高度不同時的 cb 大小，再依此刻於尺上即得測高器了。

例大地農業機械廠所製克羅斯登測高器，尺長 $ab = 30 \text{ CM}$ ，測竿 $CB = 2M$ ，今把不同樹高 AB 值代入 (3) 式得出 cb 的大小，如下表：

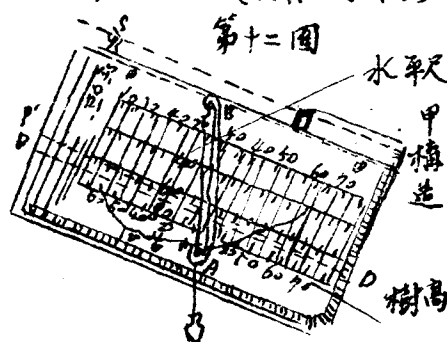
樹高M	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	25	30	35	40	50	60
CB CM	2000	1600	1200	1000	857	750	667	600	545	500	462	429	400	375	333	300	260	200	171	150	120	100

於是於測尺上從下部的句處開始在 1 CM 處刻 60 M，1.2 CM 刻 50 M——至 20 CM 刻 3 m 則成克羅斯登測高器。

本測高器的优点是可不測定距離，且攜帶方便如魚測竿可於林內施

時以一2M的棒代替之，但本尺原理尺無厚度，故尺愈厚則亦發生誤差，故通於在尺上每一刻度處作一矩形孔。測定在多數樹高時臂易疲勞故易發生測定誤差。

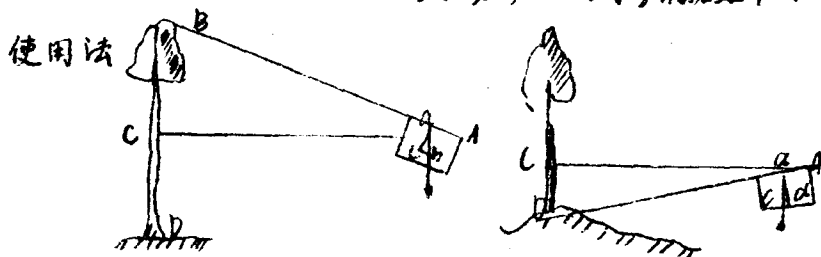
6. 溫克次 (Winklers) 測樹器：



溫克爾測樹器不但能測高亦能測定上都直徑等，故稱為測樹器，構造如圖為寬7.5cm長14cm，厚約2cm的矩形木箱，在其表面上有一層薄的金屬板，有縱橫刻度和方形板原理一樣，記入樹高水平尺度，並還有角度的刻度，此外另附有

AB尺，尺下吊一重球，供測高用，AB尺上有半視孔和接物鏡與角度的刻度相接合本器又可代替簡易羅盤用，其他本器，在兩端有遠視孔和接物鏡供測上都直徑用。

使用法：(測高使用法)和方形板法同，根據如下：



$$\triangle ABC \sim \triangle abc, AC:BC = ac:bc$$

$$BC = \frac{AC}{ac} \cdot bc, AC = ac \cdot BC = bc$$

$$\triangle ACD \sim \triangle acd \mid AC:CD = ac:cd$$

$$CD = \frac{AC}{ac} \cdot cd, AC = ac \cdot CD = cd$$

$$\text{即 } H = BC + CD,$$

五. 三角術的測高法與測高器：

(一) 三角術測高法原理，